

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/015472 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 6/36
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009425
- (22) 国際出願日: 2003 年 7 月 24 日 (24.07.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-231364 2002 年 8 月 8 日 (08.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気硝子株式会社 (NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒520-8639 滋賀県 大津市 晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 Shiga (JP).

(WADA, Masanori) [JP/JP]; 〒520-8639 滋賀県 大津市 晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP). 竹内 宏和 (TAKEUTI, Hirokazu) [JP/JP]; 〒520-8639 滋賀県 大津市 晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP). 田中 あずさ (TANAKA, Azusa) [JP/JP]; 〒520-8639 滋賀県 大津市 晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 江原 省吾, 外 (EHARA, Syogo et al.); 〒550-0002 大阪府 大阪市 西区 江戸堀 1 丁目 1 5 番 2 6 号 江原特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, US.

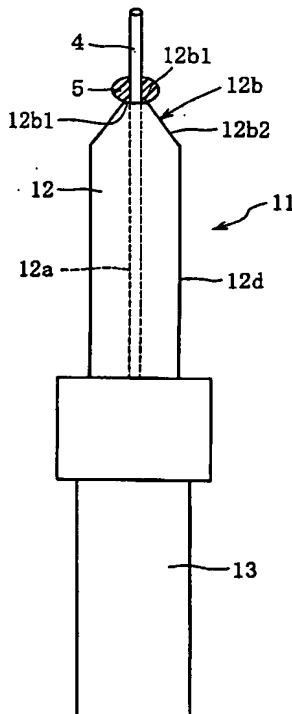
添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 和田 正紀

(54) Title: FERRULE FOR CONNECTING OPTICAL FIBERS AND METHOD OF PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称: 光ファイバコネクタ用フェルール及びその製造方法



(57) Abstract: A ferrule (11) comprises an inner hole (12a) that is formed of crystallized glass and into which a quartz glass-made optical fiber (4)(core) is inserted, a tip face (12b), and an outer periphery (12d). The tip face (12b) is formed with a flat face (12b1) on the center side including a tip opening portion of the inner hole (12a) and a chamfer portion (12b2) provided on the outer periphery side of the flat face (12b1). The surface of the chamfer portion (12b2) is treated so that its wettability to adhesive (5) is smaller than the wettability of the flat face (12b1).

(57) 要約: フェルール 11 は、結晶化ガラスで形成され、石英ガラス製の光ファイバ 4 (コア) が挿入される内孔 12a と、先端面 12b と、外周面 12d とを備えている。先端面 12b は、内孔 12a の先端開口部を含む中心側のフラット面 12b1 と、フラット面 12b1 の外周側に設けられた面取り部 12b2 とで構成される。面取り部 12b2 には、接着剤 5 に対する濡れ性がフラット面 12b1 よりも小さくなるように表面処理が施されている。

WO 2004/015472 A1

明細書

光ファイバコネクタ用フェルール及びその製造方法

技術分野

本発明は、光ファイバの接続に使用される光ファイバコネクタ用フェルールとその製造方法に関する。

背景技術

光通信技術の進歩によって、光通信分野で利用される各種デバイスは、高精度かつ安価で、しかも簡単に利用することができる製品が使用者から求められてきた。光通信の伝送路として利用される光ファイバを接続するために光コネクタが利用されているが、この光コネクタを構成する部材として、光ファイバを固定するフェルールが使用されている。この光ファイバコネクタ用フェルールについても、他の製品同様に、信頼性のある高性能を維持しつつ、経済的に安価で使いやすい製品の供給が渴望されている。

このため光ファイバコネクタ用フェルールについて、これまでに種々の改善が行われてきている。例えば、特許文献1では、フェルールの端面の外周側領域に $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ のテーパ角を有するテーパ状の面取り部を設けると共に、面取り部と外周面との境界に、両者を滑らかに連続させる円弧状面を設けている。また、特許文献2では、フェルールの端面の外周側領域に凸曲面状の面取り部を設けている。また、特許文献3では、機械的強度等の特性に優れたフェルールを安価に製造する観点から、フェルールを所定の組成と特性を有する結晶化ガラスで形成している。

図2は、一般的な光ファイバコネクタ用フェルール1の構成例を示している。フェルール1は、毛細管部2と、毛細管部2の後端部に接続されたフランジ部3とで構成される。毛細管部2は、石英ガラス製の光ファイバ4が挿入される内孔2aと、先端面2bと、精密な直径及び円筒度を有する外周面2dとを備えている。先端面2bは、

内孔 2 a の先端開口部を含む中心側のフラット面 2 b 1 と、フラット面 2 b 1 の外周側に設けられた面取り部 2 b 2 とで構成される。

フェルール 1 は図 3 に示す態様で光ファイバコネクタプラグ 1 0 として組み立てられる。まず、フェルール 1 の内孔 2 a に光ファイバ 4 (被覆層を除去した部分: コア) をフランジ部 3 の側から挿入し、接着剤 5 により固着する。そして、フェルール 1 の先端面 2 b から突出する光ファイバ 4 の所要部分をカットした後、フェルール 1 の先端面 2 b を光ファイバ 4 の先端面と共に研磨加工して球面状に鏡面仕上げする。フェルール 1 の先端面 2 b の球面研磨加工は、光コネクタとして接続を行う際に、光ファイバ 4 のコアを物理的に接合 (P C 接合) することが可能となる表面を形成するために必要である。このような光ファイバコネクタプラグ 1 0 は、図 4 に示すように、アダプタ 2 0 を介して、フェルール 1 の先端面 2 b 同士を物理的に接合 (P C 接合) させるために使用される。

光ファイバ 4 をフェルール 1 の内孔 2 a に挿入して接着剤 5 で固着するにあたり、予め内孔 2 a 内に接着剤 5 を充填すると共に、光ファイバ 4 にも接着剤 5 を塗布し、その後、光ファイバ 4 を内孔 2 a にフランジ 3 の側から挿入する。接着剤 5 としては、一般的にエポキシ系接着剤が使用されるが、シリコン系、アクリル系の接着剤等が使用される場合もある。

ここで、接着剤 5 を適用後の光ファイバ 4 が、図 5 に示すように、フェルール 1 の内孔 2 a を貫通し、先端面 2 b から突出した状態となったとき、フェルール 1 の先端面 2 b の側において、光ファイバ 4 の突出基部を被覆している接着剤 5 の接着形状が、光ファイバ 4 を中心とした略円錐状となるのが好ましい。その理由は、光ファイバ 4 の突出部分 (突出基部より先端側の部分) をカットした後、フェルール 1 の先端面 2 b を光ファイバ 4 の先端面と共に研磨加工する際に、光ファイバ 4 の突出基部に局所的に過剰な応力が加わって光ファイバ 4 が折損しないように接着剤 5 で保護するためである。光ファイバ 4 の突出基部を接着剤 5 で被覆保護しつつ研磨加工を行うことによって、光ファイバ 4 の折損を防止しつつ、フェルール 1 の先端面 2 b と光ファイバ 4 の先端面とを所望の球面形状に研磨加工することができる。

図6 (A)、(B)、(C) 及び (D) は、図5と比較して、接着剤5の好ましい接着形状が得られていない状態を示している。図6 (A) に示すように、接着剤5が光ファイバ4の突出基部を被覆していても、フェルール1の先端面2bとの接着が不十分であると、研磨時に接着が不十分な個所で光ファイバ4の突出基部に過剰な応力集中が生じ、光ファイバ4に折損が発生する場合がある。図6 (B) は、接着剤5がフェルール1の先端面2bと全く接着していない状態を示しており、この状態では接着剤5による光ファイバ4の保護効果は得られず、図6 (A) に示す状態よりさらに研磨時における光ファイバ4の折損の発生率が高くなる。一方、図6 (C) に示すように、接着剤5がフェルール1の先端面2bとは接着しているが、光ファイバ4との接着が不十分な場合もある。接着剤5の適用量が少ない場合に、このような接着形状となる場合が多い。この場合も、接着剤5による光ファイバ4の保護効果は期待できず、研磨時における光ファイバ4の折損の発生率が高くなる。

図6 (A)、(B)、(C) に示すような接着形状の不良は、主に接着剤5の適用量が過小であることに起因しているが、逆に接着剤5の適用量が過量であると、図6 (D) に示すように、接着剤5がフェルール1の先端面2bの所要領域（フラット面2b1）から外周側に流動して面取り部2b2に付着する現象が発生する。このような接着剤5の過剰流動による接着不良が発生すると、フェルール2の先端面2bを研磨加工する際に、面取り部2b2に付着した接着剤5が邪魔になって、先端面2bを所望の球面形状に研磨加工することができなくなる。その結果、先端面2bの球面中心と光ファイバ4のコア中心とが著しくずれてしまい、光ファイバコネクタプラグ10同士を突き合わせて接続する際に、光ファイバ4のコア同士が物理接触することができず、接続不良となる。

- 特許文献1 登録実用新案第2578797号公報（第1－4頁、第1－3図）
特許文献2 特開平10－246835号公報（第1－4頁、第1－3図）
特許文献3 WO98／45739号公報（第1－14頁、第1図）

発明の開示

〔発明が解決しようとする課題〕

図5に示すような好ましい接着形状を実現するためには、接着剤5の適用量等の微妙な制御と管理が必要であると共に、光ファイバ4の挿入作業にも熟練した技術と技能が必要となる。このため、接着剤5の適用量の制御や温度、湿度等の管理を中心とした種々の改善がこれまで行われてきたが、それにも係わらず、図6(D)に示すように、接着剤5がフェルール1の先端面2bの所要領域(フラット面2b1)から外周側に流動して面取り部2b2に付着する現象が頻繁に発生し、結果として不良発生率を高くする原因となっていた。

光ファイバコネクタとして組み立てた状態での接続不良を回避するため、接着剤の過剰流動による接着形状不良が発生した場合には、これを不良品として破棄するか、あるいは、再生加工を施す必要に迫られる。この再生加工は、例えば、フェールの先端面を一旦フラット研削した後、球面研磨をする前に、鋭利な刃物等を使用してはみ出した接着剤を剥ぎ取るというものである。しかし、このような処置は手間と時間を要するばかりでなく、加工途中の精度的な補償が一時的に不十分になる等の品質管理上の新たな問題を生み出す。このように、光ファイバを挿着する際にフェールの先端面の側で接着剤の過剰流動による接着形状不良が発生すると、製品歩留まりが低下し、あるいは、再生加工のための煩わしい操作と品質管理等が必要となり、製造費用を高価なものにする一因となっていた。

本発明の課題は、フェールの端面側における接着剤の過剰流動による接着形状不良を効果的に防止することができる光ファイバコネクタ用フェルールを提供することである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明者らは、光ファイバを挿着する際のフェールの端面側における接着剤の過剰流動による接着形状不良に関し、種々研究を重ねた結果、次のような解決手段を見出し、本発明に至った。

すなわち、本発明は、光ファイバが挿入される内孔と、内孔内に光ファイバを挿入

し、接着剤で固着した状態で研磨される端面とを備えた光ファイバコネクタ用フェルールにおいて、端面は、内孔の開口部を含む中心側領域と、中心側領域よりも外周側の外周側領域とを有し、外周側領域は、接着剤に対する濡れ性が、中心側領域よりも小さい構成を提供する。

ここで、「濡れ(wetting)」とは、一般に、固体の表面が液体に接するとき、固体の表面の一部が液体／固体の界面で置き換えられる現象である。固体の表面に液滴を置くと、固体と液体の性質によって液体は一定の形状になる。この場合、液体、固体、気体の3相が交わる点から液滴表面に沿って引いた接線と、液体／固体の界面とのなす角度 θ を接触角といい、濡れの程度（濡れ性）の尺度とされる。

フェルールの端面は、内孔の開口部を含む中心側領域と、中心側領域よりも外周側の外周側領域とに区分され、外周側領域は接着剤に対する濡れ性が中心側領域よりも小さくなっている。端面の中心側領域は、フェルールの内孔に光ファイバ（コア）を挿入し、接着剤で固着する際に、接着剤がフェルールの端面側で好ましい接着形状（例えば、図5や図1に示す接着形状）を形成するために、付着することが必要となる領域である。これに対し、端面の外周側領域は、接着剤がフェルールの端面側で好ましい接着形状を形成するために、付着することが必要とならない領域である。図1に示す例では、中心側領域は端面12bの研磨加工前のフラットな面12b1であり、外周側領域はフラット面12b1の外周側の面取り部12b2である。ただし、フラット面12b1の性状や寸法等によっては、中心側領域がフラット面12b1の外周縁よりも内径側に設定される場合もある。この場合、フラット面12b1の外周側部分と面取り部12b2とが外周側領域になる。

フェルールの端面は、接着剤に対する濡れ性が外周側領域で中心側領域よりも小さくなっているため、フェルールの内孔に光ファイバ（コア）を挿入し、接着剤で固着する際、端面側において、中心側領域から外周側に向かう接着剤の流動が濡れ性の相対的に小さな外周側領域によって阻止され、端面側における接着剤の付着が中心側領域の範囲内に規制される。したがって、端面側における接着剤の好ましい接着形状が得られると同時に、接着剤の適用量が多少過量であった場合でも、接着剤の過剰流動

による外周側領域への付着（接着形状不良）が防止される。また、仮に接着剤が外周側領域に付着した場合でも、外周側領域の濡れ性が小さいため、該領域に対する接着剤の付着力は相対的に弱くなる。そのため、該領域に付着した接着剤を剥ぎ取るといった再生加工を行う場合でも、従来よりも容易に加工を行うことが可能となる。尚、端面の外周側領域に加え、フェルールの外周面の接着剤に対する濡れ性を外周側領域と同様に小さくするようにしても良い。

端面の外周側領域の濡れ性は、接着剤との接触角 θ が 30° 以上となるものであることが好ましい。この接触角 θ の値は、図7に示す態様で測定される値である。すなわち、フェールールと同じ材質で、かつ、フェールールの端面の外周側領域と同じ表面性状を有する試験片2'を水平に保持し、温度 25°C ($\pm 5^\circ\text{C}$)、湿度 60% ($\pm 5\%$)の環境条件下で、試験片2'の表面2a'に接着剤5を所定量滴下し、そのままの状態で5分間静置した後に、接着剤5の液滴、試験片2'の表面2a'、及び空気の3相が交わる点Pから液滴の表面に沿って引いた接線Lと試験片2'の表面2a'とがなす角度のうち、液滴側の角度 θ を測定して得られる値が上記の接触角 θ の値である。尚、組立の際に、フェールールの軸線を鉛直線に対して傾斜させた状態で保持する場合、あるいは、フェールールの軸線を水平線と平行に保持する場合は、重力の影響により接着剤の外周側への流動が起こり易くなるので、端面の外周側領域の濡れ性は、接着剤との接触角 θ が 40° 以上、より好ましくは 50° 以上となるものであることが好ましい。

端面の外周側領域の濡れ性を中心側領域よりも小さくする手段として、外周側領域に表面処理を施しても良い。この表面処理は、物理的な手段であっても、化学的な手段であっても良い。

例えば、物理的な表面処理として、外周側領域の表面粗さを大きくする手段を挙げることができる。表面粗さが増加することにより、接着剤に対する濡れ性は低下する。具体的には、外周側領域に、微細粒子によるサンドブラスト処理を施して表面粗さを大きくする手段、エッチング液によるエッチング処理を施して表面粗さを大きくする手段、特定元素の表面への打ち込み処理を行って表面粗さを大きくする手段等を挙げ

ることができる。また、化学的な表面処理として、表面の化学組成を変更して、接着剤に対する濡れ性を調整する手段を挙げることができる。具体的には、外周側領域に、接着剤に対する濡れ性が小さい材料からなる被覆層を形成する手段、イオン交換処理により特定イオン種を表面に拡散させて濡れ性を小さくする手段、結晶性ガラスや分相性ガラスからなるフェルールに対して、外周側領域に局所的な加熱処理を行って表面に異種相を生成させて濡れ性を小さくする手段等を挙げることができる。

上記の表面処理は、外周側領域に対して複数種の処理を重疊的に行っても良いし、あるいは、外周側領域を複数のエリアに区分し、エリアごとに処理の種類を代えて行っても良い。また、外周側領域を複数のエリアに区分し、内周側のエリアから外周側のエリアに向かって濡れ性が段階的に小さくなるように処理を行っても良い。尚、外周側領域に対する表面処理は、外周側領域の全周に亘って行っても良いし、あるいは、周方向の特定個所にのみ行い、または、周方向の複数箇所に分散的に行っても良い。また、外周側領域に対する表面処理は、外周側領域を越えて、フェールの外周面の一部又は全部の領域に及んでいても良い。さらに、外周側領域への表面処理に加えて、中心側領域に、接着剤に対する濡れ性を大きくする表面処理を施しても良い。これにより、外周側領域と中心側領域とで接着剤に対する濡れ性の異なりの度合いが相対的に大きくなるので、より一層顕著な効果が得られる。

接着剤は、光ファイバをフェールに対して強固に接着することができるものであればその種類は特に問わないが、例えば、エポキシ系接着剤、シリコン系接着剤、アクリル系接着剤の他、フェノール樹脂系接着剤、アミノ樹脂系接着剤、シアノアクリレート系接着剤等が使用可能である。また、これらの接着剤を2種以上併用しても良い。

端面の外周側領域は、例えば、端面に設けられる面取り部であるが、この面取り部の表面形状は特に限定されず、テーパ面、R面、球面、これらの複合曲面、その他の任意の表面形状を採用することができる。面取り部と中心側領域との境界、面取り部と外周面との境界は、目視では明瞭に識別できない場合もあるが、例えば、中心側領域と外周面との境界部分に幅0.01mm以上のリング状の表面領域が認められれば

良い。濡れ性を小さくする表面処理は、このリング状の表面領域に対して行えば良い。例えば、このリング状の表面領域に表面処理剤を塗布したローラー等を押し当てて、表面処理を施すことができる。この表面処理は、リング状の表面領域の全周に亘って行うことは必ずしも必要ではなく、周方向の特定個所にのみ行い、または、周方向の複数箇所に分散的に行っても良い。すなわち、組立時のフェルールの保持角度によっては、接着剤の流動し易い個所が特定されるため、その特定個所にのみ表面処理を施せば良い。また、リング状の表面領域に全周に亘って表面処理を施す場合でも、必ずしも均一幅で処理する必要はなく、必要に応じて処理幅を周方向で異ならせても良い。

端面の外周側領域の濡れ性を小さくする化学的な表面処理として、外周側領域の表面上に有機化合物の付着による被覆層を形成し、または、外周側領域の表面上に有機化合物の化学結合による表面層を形成する手段を採用することができる。

上記の被膜層又は表面層の厚さは、特に限定されるものではなく、例えば単分子層レベルの極めて薄い膜であっても、接着剤に対する濡れ性を調整する機能を有していれば支障はない。また、被覆層又は表面層は、接着剤に対する濡れ性を調整するためのものであり、その後の研磨加工によってその一部又は全部が除去されることになるため、外周側領域の表面に対する結合力は強くても弱くても特に問題はない。被覆層又は表面層は、製品の段階で残る場合もあれば残らない場合もある。

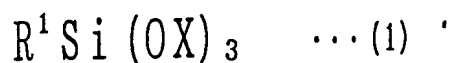
上記の被膜層又は表面層を形成する手段として、例えば、有機化合物を分散又は溶解させた有機溶媒（処理液）中への浸漬、処理液の塗布又はスプレー、ディスペンサー等の使用、シール状に加工した有機化合物材料の貼り付け、有機化合物材料の印刷、転写等による手段を採用することができる。

上記の有機化合物は、例えば、シラン系、シロキサン系、シラザン系、チタネート系及びアルミネート系の化合物から選択される1つ以上の化合物である。

ここで、シラン系、シロキサン系、シラザン系、チタネート系、アルミネート系の化合物とは、シラン系、シロキサン系、シラザン系、チタネート系、アルミネート系の官能基が構造の一部に含まれている化合物を意味する。

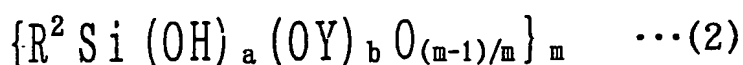
上記のシラン系化合物としては、下記一般化学式（1）で表わされる有機珪素化合

物が好適である。



ここで、 R^1 は、Fを含んでも良い炭素数1～10の炭化水素基であり、Xは、メチル基、エチル基を含む1価炭化水素基である。

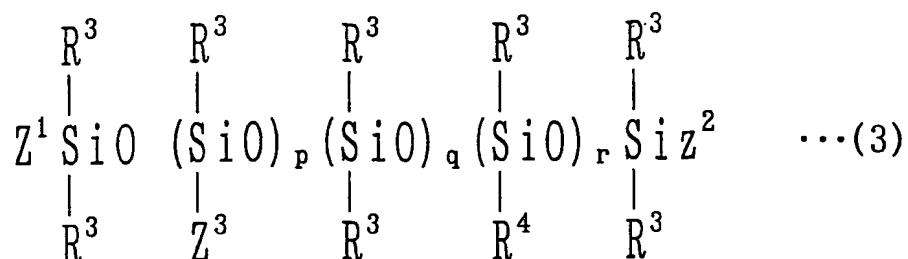
シロキサン系化合物としては、下記一般化学式(2)で表わされる有機珪素化合物が好適である。



ここで、 R^2 は同一、あるいは、異なっても良い炭素数3～20、好ましくは4～10の1価炭化水素基で、具体的には、直鎖状又は分岐状の、プロピル基、ブチル基、ヘキシル基、オクチル基、デシル基、ドデシル基、オクタデシル基、フェニル基等である。Yは、同一、あるいは、異なっても良い炭素数1～10、好ましくは1～5の1価炭化水素基で、具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基である。また、aは0～2の数、bは0～2の数であり、 $a + b = (m + 2) / m$ を満足する。mは構造単位の繰り返し数を意味し、化学式(2)のシロキサン化合物は、2量体以上のオリゴマーであることを示している。ただし、シロキサン化合物は、全て同じ構造単位の繰り返し数を有するものではなく、複数の構造単位の繰り返し数を有するオリゴマーの混合物であるため、mは、それらの構造単位における繰り返し数の平均値を指している。

また、化学式(2)のシロキサン化合物は、アルキルトリアルコキシシランの加水分解縮合により製造することができる。

さらに、他のシロキサン化合物としては、下記一般化学式(3)で表わされる有機珪素化合物が好適である。

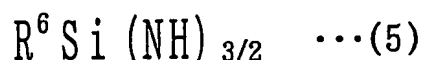


ここで、 R^3 は、メチル基で、 R^4 は同一、あるいは、異なっても良い炭素数3～20の1価炭化水素基であり、具体的には、プロピル基、オクチル基、オクタデシル基、フェニル基等である。また、 Z^1 、 Z^2 及び Z^3 は、 R^3 、 R^4 又は下記の化学式(4)で表される基である。 p は0～5の数、 q は0～50の数、 r は0～50の数である。化学式(3)のシロキサン化合物は、1分子中に、少なくとも一つの化学式(4)の基を含む。



ここで、 A は、酸素原子、あるいは、炭素数2～10の2価炭化水素基で、例えば、エチレン基、プロピレン基、フェニレン基が例示されるが、特に、酸素原子又はエチレン基が好ましい。 R^5 は、炭素数1～10の1価炭化水素基であり、メチル基、エチル基、プロピル基が例示される。

さらに、シラザン化合物としては、下記の一般化学式(5)で表わされる有機珪素化合物が好適である。



ここで、 R^6 は、同一、あるいは、異なっても良い炭素数3～20の1価炭化水素基で、具体的には、直鎖状又は分岐状の、プロピル基、ブチル基、ヘキシル基、オクチル基、デシル基、ドデシル基、オクタデシル基、フェニル基等が例示できる。

化学式(5)のシラザン化合物は、対応するハロシラン(好適にはクロロシラン)とアンモニアの反応で得られるシラザンオリゴマーで、有機溶剤に溶解させて使用するのが望ましい。

また、チタネート系化合物としては、イソプロピルトリイソステアロイルチタネー

トが、また、アルミネート系化合物としては、オクタデシルアセトアセテートアルミニウムジイソプロピレートが使用可能である。

表面処理に使用する有機化合物（表面処理剤）の構造として重要なことは、接着剤として使用する材料と表面処理剤との濡れ性を決める互いの官能基が、互いに相反する性質を有するものであることが必要になるということである。例えば、接着剤として、OH基やCOOH基等の親水性の官能基を有する化合物を使用する場合は、表面処理剤として、疎水性の官能基を有する化合物を使用する。逆に、接着剤として、疎水性の官能基を有する化合物を使用する場合は、表面処理剤として、親水性の官能基を有する化合物を使用する。

表面処理剤は、上記のように、使用する接着剤との濡れ性に関する相性を考慮し、また、使い易さや経済性なども考慮して、最適な有機化合物を選択して使用すれば良い。

端面の外周側領域に表面粗さを大きくする表面処理を施す場合、この表面処理はフェルールの強度特性を劣化させない程度のものである必要がある。表面処理前の表面粗さと表面処理後の表面粗さとの差は、Ra値で0.5 μ m以上、好ましくは1.0 μ m以上であることが好ましい。ここで、Ra値はJIS B0601-1994に定義されている表面粗さの尺度の一つであり、触針式の表面粗さ計やレーザー式の表面粗さ計によって測定される。

フェルールの材質は特に限定されないが、フェールールは結晶化ガラス（ガラスセラミック）又はガラスで形成することが好ましい。尚、フェールールは、少なくとも光ファイバのコアが接着固定される部分（例えば図面に示す毛細管部2）を結晶化ガラス又はガラスで形成すれば良く、その他の部分（例えば図面に示すフランジ部3）は他の材料、例えば、金属や有機材料あるいはセラミックで形成しても良い。また、光ファイバのコアが接着固定される部分は、結晶化ガラスとガラスとが共存していても良い。また、フェールールを形成する結晶化ガラスやガラスには、必要に応じて、遷移元素等を添加したり、コロイド着色元素等の利用による着色を施したりしても良い。

また、フェールールを形成する結晶化ガラスやガラスの組成は、使用する光ファイバ

に応じて最適な組成を選択することができる。さらに、複数の材質を組み合わせたり、積層構造を採用することによって、フェルールの透光性、強度等の特性を調節することも可能である。

例えば、フェルールを形成する結晶化ガラス又はガラスとして、Si、Al又はTiを酸化物換算で10質量%以上含有するものを用いることができる。この結晶化ガラス又はガラスは、Siを SiO_2 として10質量%以上含有し、及び／又は、Alを Al_2O_3 として10質量%以上含有し、及び／又は、Tiを TiO_2 として10質量%以上含有するものであり、特に上述したような表面処理剤を用いて表面処理を施す場合に、表面処理剤と十分に化学結合することが可能であるので好ましい。

〔発明の効果〕

本発明は以下に示す効果を有する。

(1) フェルールの端面側における接着剤の過剰流動による接着形状不良を効果的に防止することができる。これにより、光ファイバの挿着工程における不良発生率を低減することができる。また、フェルールの端面側において、光ファイバの突出基部を接着剤で十分に被覆保護することができるので、研磨工程における光ファイバの折損による不良発生率も低減することができる。

(2) 接着剤量の管理等、光ファイバの挿着工程における種々の微妙な管理を行う必要がないので、光ファイバの挿着工程に要する費用を大きく削減することが可能である。

(3) 使用する接着剤に応じた表面処理剤を選択することによって、種々の光ファイバコネクタ用フェルールに対して最適な表面処理を行うことが可能である。

(4) 高い信頼性を有し、かつ、安価な光ファイバコネクタ用フェルールを提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、実施形態に係る光ファイバコネクタ用フェルールに光ファイバを接着剤で固定する際の状態を模式的に示す図である。

図2は、一般的な光ファイバコネクタ用フェルールの構成例を示す断面図である。

図3は、光ファイバコネクタ用プラグの構成例を示す断面図である。

図4は、光ファイバコネクタプラグの接続例を示す断面図である。

図5は、光ファイバの挿着工程におけるフェルールの先端部分を模式的に示す拡大図である。

図6は、光ファイバの挿着工程におけるフェルールの先端部分を模式的に示す拡大図である。

図7は、接着剤との接触角 θ を測定する様子を模式的に示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について説明する。

図1は、この実施形態のフェルール11に光ファイバ4を接着剤で固定する際の状態を示している。この実施形態のフェルール11は、MU型の光ファイバコネクタを構成するものである。

フェルール11は、結晶化ガラスで形成され、毛細管部12と、毛細管部12の後端部に接続されたフランジ部13とで構成される。毛細管部12は、石英ガラス製の光ファイバ4（コア）が挿入される内孔12aと、先端面12bと、外周面12dとを備えている。先端面12bは、内孔12aの先端開口部を含む中心側のフラット面12b1と、フラット面12b1の外周側に設けられた面取り部12b2とで構成される。この実施形態において、面取り部12b2はテーパ面に形成されている。

この実施形態では、先端面12bのフラット面12b1が中心側領域、面取り部12b2が外周側領域となり、面取り部12b2には、接着剤5に対する濡れ性がフラット面12b1よりも小さくなるように表面処理が施されている。

組立に際しては、予めフェルール11の内孔12a内に接着剤5を充填すると共に、光ファイバ4にも接着剤5を塗布する。そして、光ファイバ4をフランジ部13の側から内孔12aに挿入して、その先端部をフェルール11の先端面12bから所定量だけ突出させる。内孔12a内に充填され、また光ファイバ4に塗布された接着剤5

は、光ファイバ4の挿入に伴い、内孔12aの先端開口部から押し出されて、先端面12bのフラット面12b1上で盛り上がった状態になる。この盛り上がり状になった接着剤5は、フラット面12b1からその外周側の面取り部12b2の方向に流動しようとするが、面取り部12b2の濡れ性が小さくなっているため、その流動が阻止され、接着剤5の付着はフラット面12b1の範囲内に規制される。これにより、面取り部12b2への接着剤5の付着が防止される。

上記の状態では接着剤5が硬化すると、接着剤5はフェルール1の先端面2bのフラット面12b1と光ファイバ4の突出基部の双方に付着して、光ファイバ4の突出基部を被覆保護する形状となる。その後、光ファイバ4の突出基部より先端部分をカットし、フェルール1の先端面2bを光ファイバ4の先端面と共に研磨加工して球面状に鏡面仕上げする。研磨加工時、光ファイバ4の突出基部は接着剤5により保護され、折損を生じることなく良好に研磨される。尚、フェルール1の先端面2bのフラット面12b1は凸面状に形成しても良い。

〔実施例1〕

同じ履歴で製造された100個のフェルール11を準備し、各フェルール11の先端面12bの面取り部12b2に、表面処理剤としてフッ素系のシランカップリング剤を用いて表面処理を行った（実施例1）。準備したフェルール11の材質は、質量百分率で SiO_2 55%以上、 Al_2O_3 14%以上、 TiO_2 1%以上を含有し、析出結晶として β -石英固溶体又は β -スボジュメン固溶体を析出した結晶化ガラスである。表面処理は次のようにして行った。まず、上記の表面処理剤をフッ素系不活性液体で10倍に希釈し、フェルール11の先端面12bの面取り部12b2に塗布した。そして、フッ素系不活性液体が揮発するまで約数分間室温で放置し、その後、ボックス型乾燥炉中において100℃の大気雰囲気中で10分間加熱処理を行った。

上記の表面処理を施した100個のフェルール11（実施例1）について、光ファイバ4を接着剤5で固定する作業を行い、接着剤の加熱硬化後、先端面12bの側における接着剤5の接着形状を観察した。

観察の結果、実施例1のフェルール11では、先端面12bの側における接着剤5

の接着形状が図1に示すような形状を呈し、先端面12bの面取り部12b2への接着剤5の付着は認められなかった。

また、実施例1のフェルール11と同じ材質で、かつ、フェルール11の面取り部12b2と同じ表面処理を施した試験片を作製し、図7に示す態様で、試験片2'の表面2a'に0.5cm³の接着剤5を滴下し、接触角計（協和界面科学製）を用いて室温で接触角 θ を測定したところ、接触角 θ の値は38°であった。

一方、比較例として、実施例1と同じ条件で製造された100個のフェルールを準備し、上記の表面処理を行わずに、実施例1と同じ条件で光ファイバを接着剤で固定する作業を行い、接着剤の加熱硬化後、先端面の側における接着剤の接着形状を観察した。

観察の結果、比較例のフェルールでは、100個のうち12個について、接着剤が先端面のフラット面からはみ出して面取り部に付着した状態になっていることが認められた。また、そのうち5個については、面取り部への流動量が多く、面取り部に強く付着していたために、再生加工も困難な状態であった。

また、実施例1のフェルール20個について、図6(D)に示す接着形状となるように、過量の接着剤を適用して、意図的に接着剤を先端面の面取り部にも付着させた。そして、接着剤を加熱硬化させた後、面取り部に付着した接着剤の剥離性について調査した。

その結果、実施例1のフェルールでは、面取り部に流動して固化した接着剤は、面取り部の表面と強く付着しておらず、鋭利な針を使うことによって、弱い力で容易に剥離させて除去できることが判明した。

一方、比較例のフェルール20個について、実施例1と同じ条件で、面取り部に付着した接着剤の剥離性を調査したところ、いずれのフェルールについても、接着剤が面取り部の表面に強く付着しており、鋭利な刃物等によって削り落とそうとしても容易に除去できなかった。

[実施例2]

質量百分率でSiO₂ 73%、Al₂O₃ 7% B₂O₃ 10% RO(Rはア

ルカリ土類金属元素) 3% M_2O (Mはアルカリ金属元素) 7%のホウ珪酸ガラスからなるガラス製のフェール11を作製し、各フェール11の先端面12bの面取り部12b2に実施例1と同様の表面処理を施した(実施例2)。尚、実施例2では、面取り部12b2に加え、フェール11の外周面12dにも同様の表面処理を施した。

実施例1と同様にして、各フェール11の先端面12bの側における接着剤5の接着形状を観察したところ、90%以上のフェール11について、先端面12bの側における接着剤5の接着形状が図1に示すような形状を呈し、先端面12bの面取り部12b2への接着剤5の付着は認められなかった。また、接着剤5が先端面12bのフラット面12b1からはみ出して面取り部12b2や外周面12dに付着したフェール11について、再生のための剥離加工を行ったところ、従来よりも半分以下の時間で加工を完了することができた。

【実施例3】

同じ履歴で製造された100個のフェール11を準備し、各フェール11の先端面12bの面取り部12b2に、表面処理として、シランカップリング処理を施したアルミナファインパウダーを使用してサンドブラスト処理を行った(実施例3)。この実施例3で使用したフェール11の材質は実施例1と同じである。また、サンドブラスト処理は、処理不要な表面にマスキングを施して行った。サンドブラスト処理を行った結果、先端面12bの面取り部12b2の表面粗さは処理前(Ra値で0.01~1.0 μm)に比べてRa値で0.7 μm 増大し、フラット面12b1の表面粗さよりも大きくなった。

上記の表面処理を施した100個のフェール11(実施例3)について、光ファイバ4を接着剤5で固定する作業を行い、接着剤の加熱硬化後、先端面12bの側における接着剤5の接着形状を観察した。

観察の結果、実施例3のフェール11では、先端面12bの側における接着剤5の接着形状が図1に示すような形状を呈し、先端面12bの面取り部12b2への接着剤5の付着は認められなかった。

また、実施例 3 のフェルール 1 1 と同じ材質で、かつ、フェルール 1 1 の面取り部 1 2 b 2 と同じ表面処理を施した試験片を作製し、図 7 に示す態様で、試験片 2' の表面 2 a' に 0.5 cm³ の接着剤 5 を滴下し、接触角計（協和界面科学製）を用いて室温で接触角 θ を測定したところ、接触角 θ の値は 34° であった。

請求の範囲

1. 光ファイバが挿入される内孔と、該内孔内に光ファイバを挿入し、接着剤で固着した状態で研磨される端面とを備えた光ファイバコネクタ用フェルールにおいて、

前記端面は、前記内孔の開口部を含む中心側領域と、該中心側領域よりも外周側の外周側領域とを有し、該外周側領域は、前記接着剤に対する濡れ性が、前記中心側領域よりも小さいことを特徴とする光ファイバコネクタ用フェルール。

2. 前記外周側領域が、前記端面に設けられる面取り部であることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

3. 前記外周側領域は、前記接着剤との接触角が 30° 以上となる表面であることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

4. 前記外周側領域に、その表面上への有機化合物の付着又は化学結合による表面処理が施されていることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

5. 前記有機化合物が、シラン系、シロキサン系、シラザン系、チタネート系及びアルミネート系の化合物から選択される 1 つ以上の化合物であることを特徴とする請求の範囲 4 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

6. 前記外周側領域に、該外周側領域の表面粗さが前記中心側領域の表面粗さよりも大きくなるように表面処理が施されていることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

7. 結晶化ガラス又はガラスで形成されていることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

8. 前記結晶化ガラス又はガラスが、Si、Al又はTiを酸化物換算で 10 質量%以上含有することを特徴とする請求の範囲 7 に記載の光ファイバコネクタ用フェルール。

9. フェールの内孔に光ファイバを挿入し、接着剤で固着した後、前記フェールの端面を前記光ファイバと共に研磨する光ファイバコネクタ用フェールの

製造方法において、

前記端面を、前記内孔の開口部を含む中心側領域と、該中心側領域よりも外周側の外周側領域とに区分し、前記外周側領域に、前記接着剤に対する濡れ性が前記中心側領域よりも小さくなるように表面処理を施すことを特徴とする光ファイバコネクタ用フェルールの製造方法。

FIG. 1

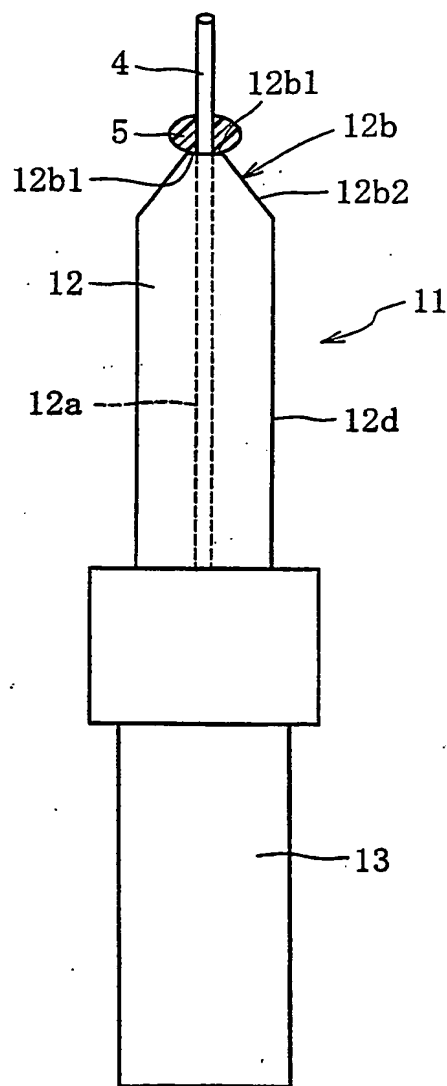


FIG. 2

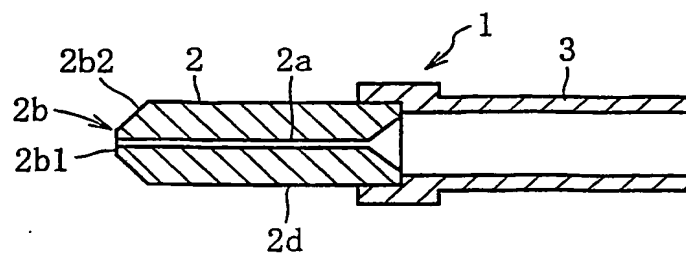


FIG. 3

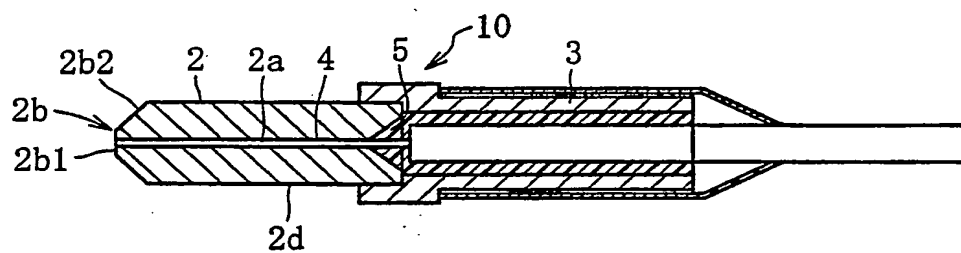


FIG. 4

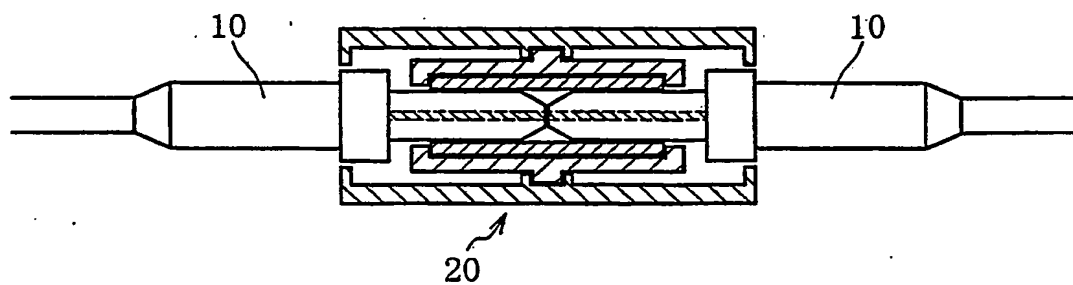


FIG. 5

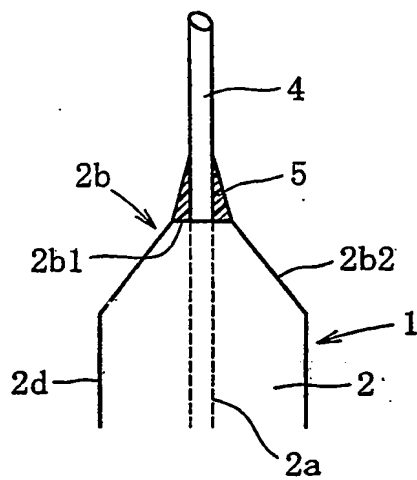


FIG. 6 (A)

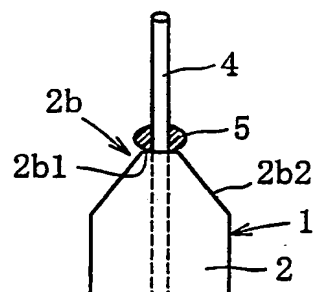


FIG. 6 (B)

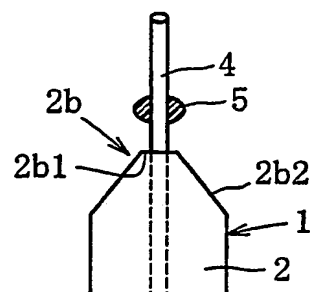


FIG. 6 (C)

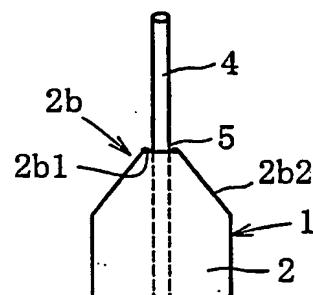


FIG. 6 (D)

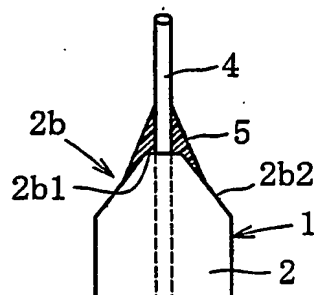
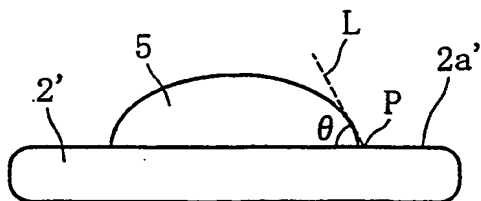


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 506003 A1 (MUNEKATA CO., LTD.), 30 September, 1992 (30.09.92), Full text; all drawings & JP 4-298706 A Full text; all drawings	1-9
A	JP 2002-98855 A (Totoku Electric Co., Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2809797 B2 (Fujitsu Ltd.), 15 October, 1998 (15.10.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
04 September, 2003 (04.09.03)

Date of mailing of the international search report
24 September, 2003 (24.09.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09425

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-264579 A (Kyocera Corp.), 26 September, 2001 (26.09.01), Par. Nos. [0031] to [0032]; Fig. 2 (Family: none)	1, 9
A	US 2002/39472 A1 (TAKEUCHI), 04 April, 2002 (04.04.02), Full text; all drawings & JP 2002-116324 A Full text; all drawings & CN 1336560 A	7, 8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP 506003 A1 (MUNEKATA CO., LTD.) 1992. 09. 30, 全文, 全図 & JP 4-298706 A, 全文, 全図	1-9
A	JP 2002-98855 A (東京特殊電線株式会社) 200 2. 04. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2809797 B2 (富士通株式会社) 1998. 10. 1 5, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 09. 03

国際調査報告の発送日

24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田英一

2K

9124

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-264579 A (京セラ株式会社) 2001. 09. 26, 段落番号【0031】-【0032】, 図2 (ファミリーなし)	1, 9
A	US 2002/39472 A1 (Takeuti) 2002. 04. 04, 全文, 全図 & JP 2002-116324 A, 全文, 全図 & CN 1336560 A	7, 8